



INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN EN
COMUNICACIÓN ÓPTICA
UASLP

INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA

DR. GUSTAVO DEL CASTILLO Y GAMA



AÑO INTERNACIONAL DE LA
Ciencia y Tecnología
Cuántica

Presentación

Dentro de los eventos de la XXV Semana del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO) de la UASLP “*Entre la Óptica, la Fotónica y un Siglo de Cuántica*” celebrada del 5 al 9 de mayo de 2025, se llevó a cabo como cada año el concurso: Premio de Instrumentación y Electrónica “*Gustavo del Castillo y Gamma*” en su versión 2025. Este evento es ya una tradición en nuestro Instituto y ha sido una plataforma exitosa para el desarrollo de prototipos e ideas asociados a la instrumentación electrónica y electrónica. A través de las diferentes versiones del premio, se han presentado toda una diversidad de proyectos con aplicaciones a la academia e industria.

Uno de los principales objetivos del concurso ha sido la promoción el interés y la creatividad en el campo de la Instrumentación y Electrónica entre los estudiantes, fomentar la creatividad y el pensamiento crítico entre los participantes, proporcionar un espacio para la exposición de los proyectos, promover el trabajo en equipo y sobre todo evaluar y premiar el talento y dedicación de los alumnos. En esta ocasión se contó con 9 proyectos provenientes de las siguientes instituciones de educación superior: Instituto Tecnológico Nacional de México, Universidad TecMilenio y Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Los tópicos de los proyectos incluyeron campos del conocimiento que van desde la automatización y control, la robótica, la instrumentación óptica, las aplicaciones biológicas, los sistemas embebidos, entre otros. Cada equipo tuvo la oportunidad de exponer su proyecto y responder a preguntas del jurado, quien evaluó cada propuesta según criterios específicos como la originalidad, la funcionalidad y la presentación.

Agradecemos a todos los participantes, jueces y colaboradores que hicieron posible este evento. Este concurso no solo fue una plataforma para exhibir talento, sino también un espacio para aprender, colaborar e innovar. A través de este evento, hemos fortalecido nuestra comunidad y promovido el desarrollo de habilidades que son esenciales en el mundo actual. Muchas gracias nuevamente.

Comité organizador

San Luis Potosí, S.L.P. mayo 2025

Rector

Dr. Alejandro Javier Zermeño Guerra

Secretario General

M. en D. Federico Arturo Garza Herrera

Directora

Dra. Marisol Reyes Reyes

Comité organizador del concurso

Dr. Raúl Eduardo Balderas Navarro

Dr. Osvaldo Del Pozo Zamudio

Dr. Miguel Ángel Lastras Montaña

Dr. Luís Felipe Lastras Martínez

Ana María Loredó Sánchez

Dra. Marcela Mejía Carlos

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Ing. Francisco Ramírez Jacobo

Dra. Marisol Reyes Reyes

Dra. Amparo Rodríguez Cobos

Jurado

Dra. Ruth Mariela Aguilar Ponce

Ing. Silvestre Mendoza Huerta

Dra. Lucy Estefanía Tapia Rodríguez

Comité editorial

Dra. Marcela Mejía Carlos

Dr. Andrei Yu Gorbachev

Dr. Luis Felipe Lastras Martínez

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Índice

Pág.

1	Control de un brazo robótico MaxArm mediante la detección de movimiento con Kinect y Labview, usando comunicación serial UART	1
	González Rodríguez Jose Alfonso, Sánchez Niño Francisco, Núñez Olvera Oscar Fernando, Rodríguez Salas Lorena, Briones Andrade Edna Guadalupe	
2	Sistema de Control de Mano Robótica Basado en Guante con Fibras Ópticas	4
	Mariano Prado Berman, Miguel Ángel Lastras Montaña	
3	Implementación de un lazo de amarre de fase en FPGA	5
	Esdras Terranova Azuara Juárez	
4	AgroNova, sistema automático para el control y cuidado de cultivos	8
	J. A. Arias Pérez, Y. Y. Hernández Carmona, D. P. Martínez Ortiz, O. Ramírez Lozano, I. Lara Velásquez	
5	Prototipo de una máquina CNC para impresión de PCBs	12
	Gerardo Aguilera Maldonado	
6	SAFESENSE	14
	Martínez Contreras Karla Paola, Tovar Martínez Sergio Daniel, Martínez Méndez Erika Nayely, Ramos Torralva Jesús Antonio, Miranda Moreira Santiago Alejandro, Dra. Luz Roxana de León Lomelí	
7	Sistema embebido 4.0 multitarea para el monitoreo de señales biológicas y otros sensores	18
	Edna G. Briones Andrade, Francisco Sánchez Niño. Lorena Rodríguez Salas, y Oscar F. Núñez Olvera	

- 8 **TRADUSENS: Sistema Inteligente Modular de Información para Personas con Discapacidad en Paraderos de Transporte Público** 21
Mata Chávez. J. A, Hernández Martínez. A. B, Escalante
González. R. J, González Castillo. A. C.
- 9 **Desarrollo y aplicación de robótica compleja en entornos competitivos** 24
Kevin Rucoba Moreno, Jorge Barrera Quezada, Ana Sofía García Salgado, Axel Clemente Compean, Mateo Zacarias Dávalos, Jessica Santoyo Morales, Sara Isabel Aguilar Ávila, José Carlos Gocher García, Jose Guadalupe Santiago García

Control de un brazo robótico MaxArm mediante la detección de movimiento con Kinect y Labview, usando comunicación serial UART

González Rodríguez José Alfonso, Sánchez Niño Francisco, Núñez Olvera Oscar Fernando,
*Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO), Universidad Autónoma de San Luis
 Potosí (UASLP) San Luis Potosí, México*

Resumen—Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de control para un brazo robótico MaxArm utilizando detección de movimiento mediante la cámara Kinect y procesamiento en LabVIEW. El movimiento corporal del usuario, particularmente de ambas manos, es rastreado en tiempo real, y los datos extraídos son enviados por comunicación serial UART a un microcontrolador ESP32, encargado de controlar los servomotores del brazo. El sistema permite controlar el MaxArm mediante gestos de la mano, como subirla, bajarla o acercarla a la cámara, en lugar de replicar directamente un movimiento completo del brazo humano. Los resultados muestran una respuesta eficaz con baja latencia y alta fidelidad en la ejecución de los comandos.

Palabras clave— *Kinect, LabVIEW, MaxArm, UART, ESP32, interfaz humano-máquina*

I. INTRODUCCION

El desarrollo de interfaces humano-máquina ha cobrado gran relevancia en la automatización moderna. Entre estas, el uso de sistemas de visión como Kinect permite rastrear movimientos corporales y utilizarlos como entrada para controlar sistemas robóticos. Este proyecto tiene como objetivo controlar un brazo robótico MaxArm mediante el rastreo del movimiento humano capturado con Kinect, procesado con LabVIEW por medio de la librería Kinesthesia, y enviado vía UART a un ESP32, que actúa como controlador maestro.

La cámara Kinect funciona como un sensor de profundidad basado en tecnología de luz infrarroja. Emite un haz de luz IR que, al reflejarse en los objetos del entorno, permite generar un mapa de profundidad a través de una cámara de infrarrojos y un sensor RGB. Esta información es procesada por el SDK (Software Development Kit) de Kinect para extraer coordenadas tridimensionales de puntos clave del cuerpo humano, como manos, codos y hombros. El rastreo del esqueleto se realiza en tiempo real y permite capturar movimientos precisos que pueden ser mapeados a acciones robóticas. En este sistema, los movimientos no se replican de forma continua, sino que ciertos gestos como levantar la mano, moverla hacia los lados o acercarla a la cámara son

interpretados como comandos discretos para controlar funciones específicas del MaxArm.

Por otro lado, la comunicación UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) es un protocolo serie asincrónico ampliamente utilizado para transmitir datos entre dispositivos. El ESP32 cuenta con hasta tres puertos UART, los cuales pueden configurarse con diferentes velocidades de transmisión, bits de paridad, y pines asignables por software. En este proyecto, el ESP32 actúa como maestro, recibiendo datos desde LabVIEW mediante UART, utilizando la configuración SERIAL_8N1 (8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada). Esta comunicación permite enviar comandos compactos y confiables al MaxArm para controlar sus movimientos.

II. METODOLOGÍA DEL SISTEMA

El sistema se basa en tres componentes principales:

A. Captura de movimiento con Kinect

Se rastrean las manos izquierda y derecha del usuario en ejes X y Y. Además, se calcula el ángulo entre articulaciones de brazo y antebrazo. Los gestos definidos (como levantar o bajar la mano) se interpretan como comandos específicos. En particular:

M1 se controla con la altura de la mano derecha.

M3 responde a la profundidad de la mano derecha (distancia entre la mano y la cámara).

M2 se activa según la profundidad de la mano izquierda.

M4 se acciona por la altura de la mano izquierda.

Adicionalmente, el ángulo formado entre el hombro, codo y mano izquierda (resaltado en el óvalo verde en la Fig. 2) controla el **sistema de sujeción por ventosa**. El ángulo formado por las articulaciones equivalentes del lado derecho (resaltado en el óvalo morado) ejecuta un **comando de parada**, el cual detiene el programa de LabVIEW y regresa al MaxArm a su posición inicial.

B. Procesamiento en LabVIEW

Se interpreta la posición y los ángulos articulares, generando comandos seriales como "ab", "ag", "cg", etc., según el gesto detectado.

C. Control del MaxArm con ESP32

El ESP32 programado en el entorno Arduino recibe los comandos UART y controla los servos del brazo robótico. Además, se incluyen funciones para sujeción y liberación de objetos mediante bombas y válvulas.

La comunicación UART utiliza un protocolo de 10 bytes, con doble cabecera (0x55), identificador de servo, posicionamiento y tiempo de actuación, más un byte de verificación o checksum. El checksum se calcula como el complemento a uno de la suma de los bytes del mensaje (excepto la cabecera), lo que permite detectar errores de transmisión y garantizar la integridad de los datos recibidos por el brazo robótico.

III. ANALISIS Y RESULTADOS

El sistema fue probado exitosamente, logrando activar diferentes funciones del brazo MaxArm mediante gestos bien definidos con la mano. El retardo en la transmisión y ejecución fue mínimo (menor a 200 ms). Se verificó el correcto funcionamiento de los comandos de movimiento y control neumático, así como la función de reinicio del sistema.

La estructura modular del código permite la interpretación de distintos comandos seriales y el control de hasta tres servomotores simultáneamente.

La distribución de gestos se hizo de forma alfanumérica (véase Fig.1) para hacer mas intuitivo el proceso de ejecución.

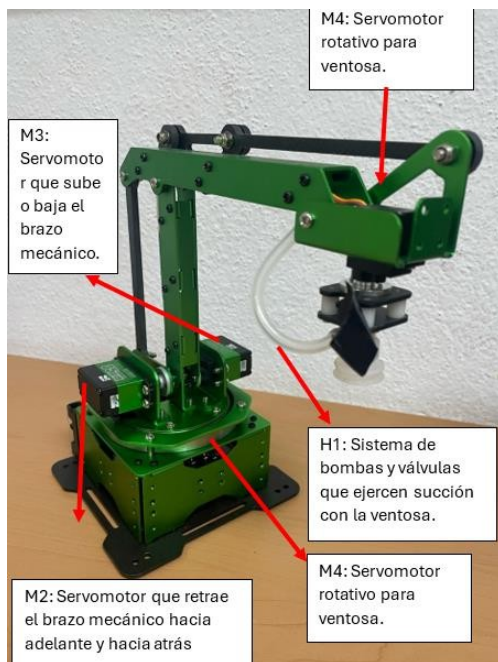


Fig. 1 Distribución física de los servomotores en el MaxArm

Una vez teniendo la asignación de motores, se hace la asignación de partes del esqueleto a utilizar (véase Fig.2),

donde se asigna como ejes principales las extremidades del tronco superior, tanto derechas como izquierdas.

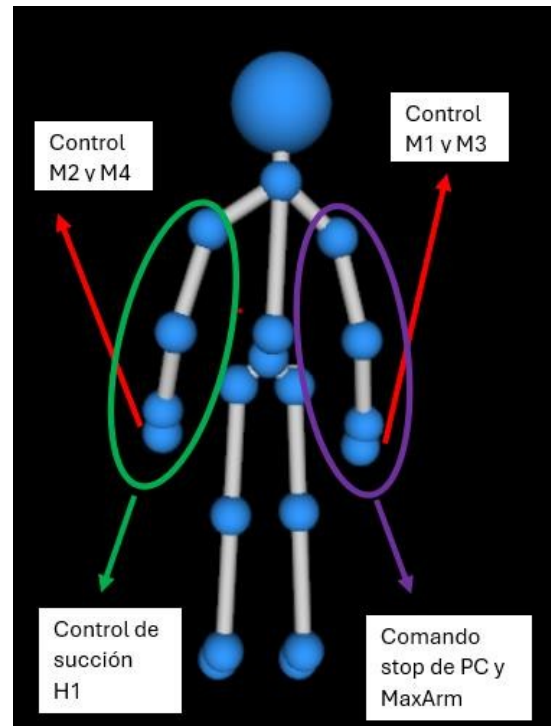


Fig. 2 Distribución del control del MaxArm mediante gestos usando el esqueleto dado por Kinect renderizado en 3D por Labview.

El diagrama de flujo general que resume la secuencia del sistema completo abarca lo siguiente: detección de gestos hasta la ejecución de acciones por parte del MaxArm, incluyendo la condición especial de gestos de terminación que detienen el programa y devuelven el sistema a su estado inicial (véase Fig.3).

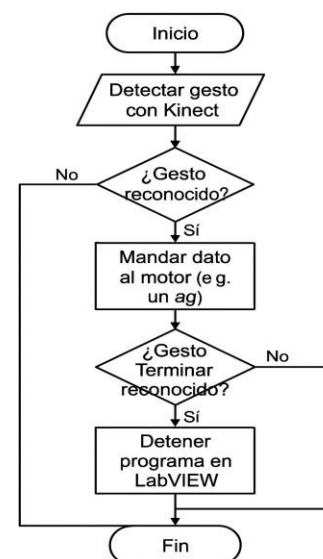


Fig. 3 Diagrama de flujo del proceso total de control del MaxArm.

El diagrama de bloques de LabVIEW (véase Fig.4) muestra las interconexiones necesarias para mover el MaxArm, usando elementos como la conexión serial, Kinesthesia para la conexión con el Kinect, la cual para visualizarla se hace uso del panel frontal para ver el esqueleto y una imagen en vivo del usuario en frente de la cámara (Fig.5), así como visualizar los valores que se extraen de Kinesthesia.

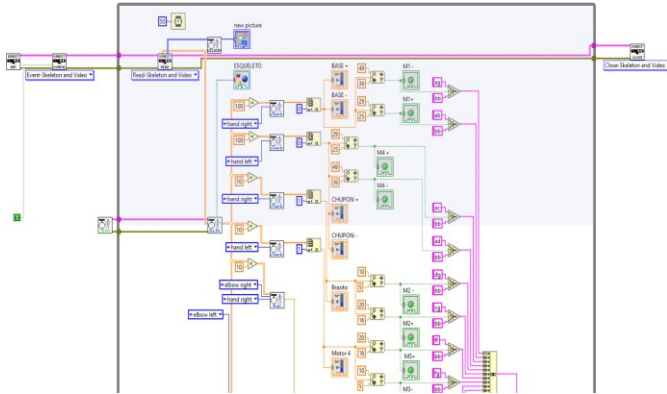


Fig. 4 Parte del código de LabVIEW para la ejecución del movimiento del MaxArm.

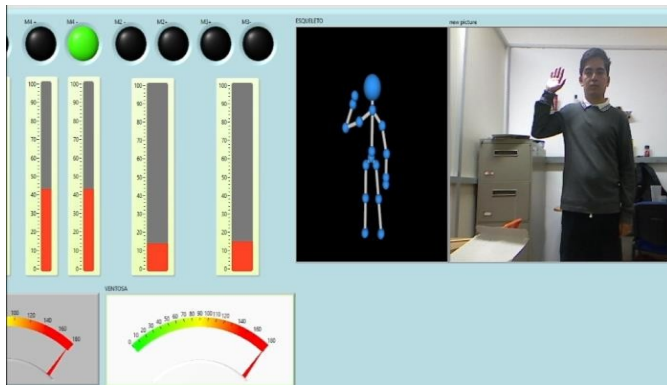


Fig. 5 Panel frontal de la interfaz de Labview.

IV. CONCLUSIONES

Se desarrolló una interfaz eficaz entre el usuario y el brazo robótico MaxArm, utilizando Kinect como sistema de captura

de movimiento y ESP32 como controlador de actuadores. La comunicación serial UART demostró ser confiable y eficiente para la transmisión de datos desde LabVIEW.

El sistema tiene potencial para aplicaciones en rehabilitación, asistencia robótica y manipulación remota, así como una base para desarrollo futuro con control más fino y sensores adicionales. Además, se demuestra que es posible implementar soluciones efectivas y funcionales con tecnologías de bajo costo y herramientas accesibles, como el sensor Kinect y el ESP32. Este proyecto representa el primer acercamiento documentado del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO) a la tecnología Kinect, marcando un precedente valioso para futuras investigaciones y desarrollos en el área de interfaces humano-robóticas.

REFERENCIAS

- [1] FayerWayer, "Especificaciones técnicas de Kinect," [Online]. Available: <https://www.fayerwayer.com/2010/06/especificaciones-tecnicas-de-kinect/>
- [2] National Instruments, "Configurar la Comunicación con un Instrumento Serial," [Online]. Available: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000x1jtCAA&l=es-MX>
- [3] Espressif Systems, "ESP32 Overview," [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

Sistema de Control de Mano Robótica Basado en Guante con Fibras Ópticas

Mariano Prado Berman, Dr. Miguel Ángel Lastras Montaña
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en desarrollar un sistema de control para una mano robótica utilizando un guante con fibras ópticas integradas. El principio de funcionamiento se basa en que al doblar los dedos del guante, las fibras ópticas se deforman y esto provoca pérdidas de luz que pueden medirse. Analizando estas pérdidas, el sistema es capaz de identificar el movimiento y la posición de los dedos, enviando comandos precisos a la mano robótica.

II. JUSTIFICACIÓN

Este tipo de sistema está motivado por la necesidad de mejorar la interacción humano-robot en áreas como prótesis, asistencia médica y rehabilitación, además de aplicaciones industriales y de ingeniería estructural, por ejemplo:

- Monitoreo de deformaciones: El método puede aplicarse en puentes o alas de avión para detectar cambios estructurales.
- Sensores biomédicos: Útil en prendas inteligentes para detectar gestos o para monitoreo respiratorio.
- Interfaces innovadoras: Puede servir para desarrollar teclados flexibles o superficies sensibles al tacto en tiempo real.

III. ASPECTO TEÓRICO

El funcionamiento depende de la transmisión de luz a través de fibras ópticas dentro del guante. Al doblar los dedos, las fibras se curvan, el ángulo de incidencia de la luz cambia, y esto genera pérdidas detectadas por sensores ópticos.

Se implementan técnicas de medición diferencial y filtrado mediante señales cuadradas y filtros pasa bajas para eliminar el ruido y obtener mediciones confiables del movimiento.

IV. METODOLOGÍA

- 1) *Fabricación del guante*: Integración de fibras ópticas en cada dedo.
- 2) *Adquisición electrónica*: Empleo de sensores ópticos para medir la luz transmitida.
- 3) *Procesamiento de señal*: Aplicación de métodos diferenciales y filtrado digital y analógico para perfeccionar la señal de salida.
- 4) *Interfaz robótica*: Traducción de las señales obtenidas en comandos para los motores de la mano robótica.

V. RESULTADOS Y PRUEBA DE CONCEPTO

Se logró distinguir de forma precisa el movimiento individual de los dedos mediante la medición óptica.

El sistema mostró buena resistencia al ruido y fue capaz de traducir los gestos en acciones robóticas en tiempo real.

VI. MEJORAS PROPUESTAS

- 1) Integrar redes neuronales para reconocimiento avanzado de gestos.
- 2) Optimizar el diseño de los sensores ópticos para mejorar la sensibilidad.
- 3) Ampliar el sistema a más movimientos, añadiendo fibras o sensores adicionales.

Implementación de un lazo de amarre de fase en FPGA

Esdras Terranova Azuara Juárez

*Instituto de Investigación en Comunicación Óptica Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, San Luis Potosí, México*

a199318@alumnos.uaslp.mx

Resumen— Presentamos la implementación de un lazo de amarre de fase que sintetiza una señal de igual frecuencia y con un desfase constante de 90° a la señal que se le provea a la entrada, en el rango de los 10 Hz hasta 100 kHz. Adicionalmente mostramos una aplicación del lazo como multiplicador de frecuencia. Todo lo anterior programado en un FPGA por medio de VHDL.

Palabras Clave— Lazo de amarre de fase, multiplicador de frecuencia, FPGA, VHDL.

I. INTRODUCCIÓN

Un lazo de amarre de fase es un sistema de control que genera una señal cuya fase está relacionada con la fase de una señal de referencia. Este dispositivo es fundamental en diversas aplicaciones electrónicas y de telecomunicaciones debido a su capacidad para sincronizar señales y estabilizar frecuencias.

Las aplicaciones de los lazos de amarre de fase son numerosas y variadas. En las telecomunicaciones, se utilizan para la recuperación de la señal portadora y la sincronización de datos en sistemas de transmisión digital. En la electrónica de consumo, son esenciales en la sintonización de radios y televisores, permitiendo la recepción de señales de diferentes frecuencias. Además, se emplean en la generación de frecuencias estables en relojes y osciladores, así como en la modulación y demodulación de señales en sistemas de comunicación.

Existen diversos tipos de arquitecturas de lazos de amarre de fase, puesto que dependiendo de su aplicación se le agregan o restan componentes. Algunos lazos simplemente mantienen una diferencia de fase a una sola frecuencia. Mientras que otros lazos pueden amarrarse tanto en fase como en frecuencia, es decir, que no solamente mantengan una relación constante con la fase en una frecuencia específica, sino en un rango de frecuencias. Nuestra propuesta se encuentra dentro de estos últimos tipos de lazos.

A continuación, en la sección II describiremos la arquitectura digital que se realizó con el lenguaje de descripción de hardware para circuitos integrados de alta velocidad (Very High Speed Integrated Circuit Description Language, VHDL).

Los resultados experimentales obtenidos una vez que se programó el diseño digital en una matriz de puertas lógicas

programable en campo (Field Programmable Gate Array, FPGA) se presentan en la sección III. Por último, la sección IV contiene las conclusiones del presente trabajo.

II. DISEÑO DIGITAL

Optamos por un diseño sencillo que cumpliera los requisitos mínimos para un lazo de amarre de fase para señales digitales. Además, como el diseño se programaría en el FPGA buscamos que todos los componentes fueran enteramente digitales. Hacemos esta aclaración porque algunas arquitecturas de lazo de amarre de fase muchas veces hacen una combinación de componentes analógicos y digitales sin especificar a detalle. Con lo anterior en mente terminamos por usar un detector de fase y frecuencia, y un sintetizador, los cuales veremos a continuación.

A. Detector de fase y frecuencia

Este detector compara tanto la fase como la frecuencia de dos señales. Cuando las frecuencias de las señales son diferentes, actúa como un detector de frecuencia, generando una señal proporcional a la diferencia de frecuencias. Cuando las frecuencias son iguales, funciona como un detector de fase, produciendo una señal que representa la diferencia de fase entre las dos señales. Las señales que se le proveen al detector son, la señal de entrada del lazo y una señal de retroalimentación que genera el sintetizador con una diferencia de 0° . Nosotros decidimos usar una de las arquitecturas más usadas en los detectores de fase y frecuencia [1], compuesta por un par de flip-flops tipo D y una compuerta NAND como lo podemos ver en el diagrama de bloques de la figura 1.

B. Sintetizador

El sintetizador recibe los pulsos generados por el detector de frecuencia y fase, estos controlan la frecuencia a la que el sintetizador debe generar la señal de lazo amarrada. Primero se busca que la señal sintetizada tenga la misma frecuencia que la señal de entrada del lazo, una vez que esto se cumple se busca reducir a cero la diferencia de fase. Es por esto que en realidad el sintetizador genera dos señales a su salida, una de ellas se encuentra en un desfase de 0° de la señal de entrada del lazo, y como mencionamos antes es una de las señales que usa el

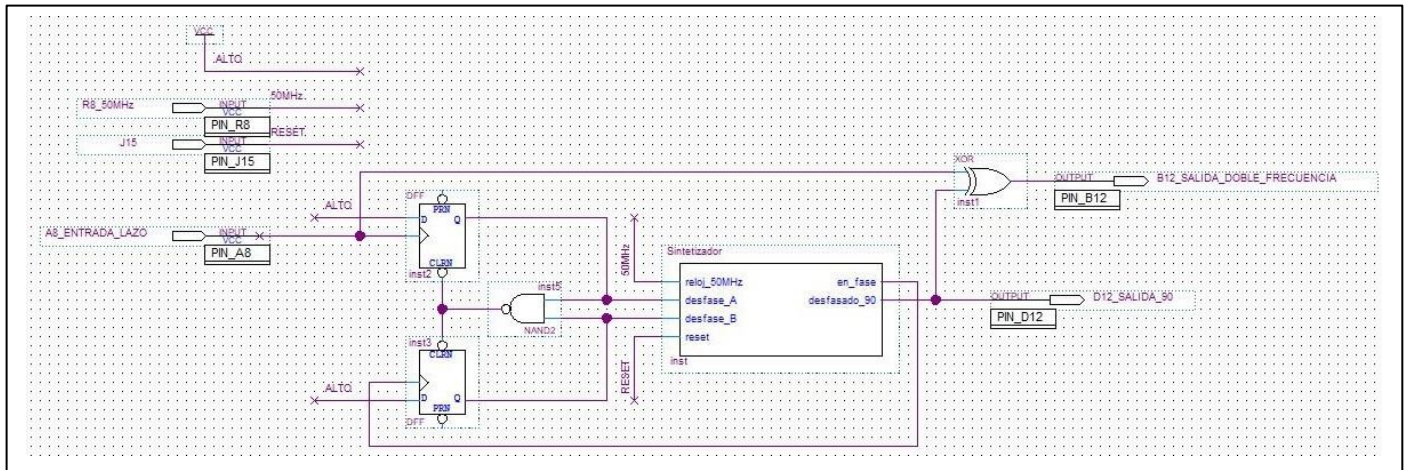
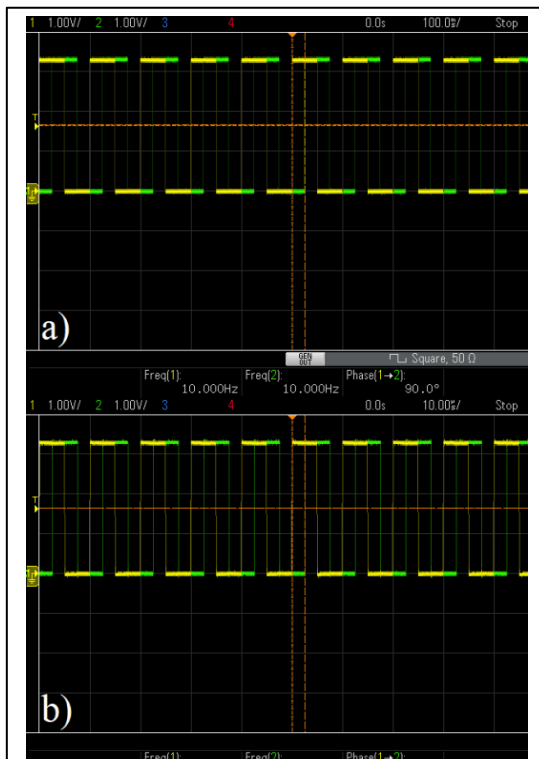
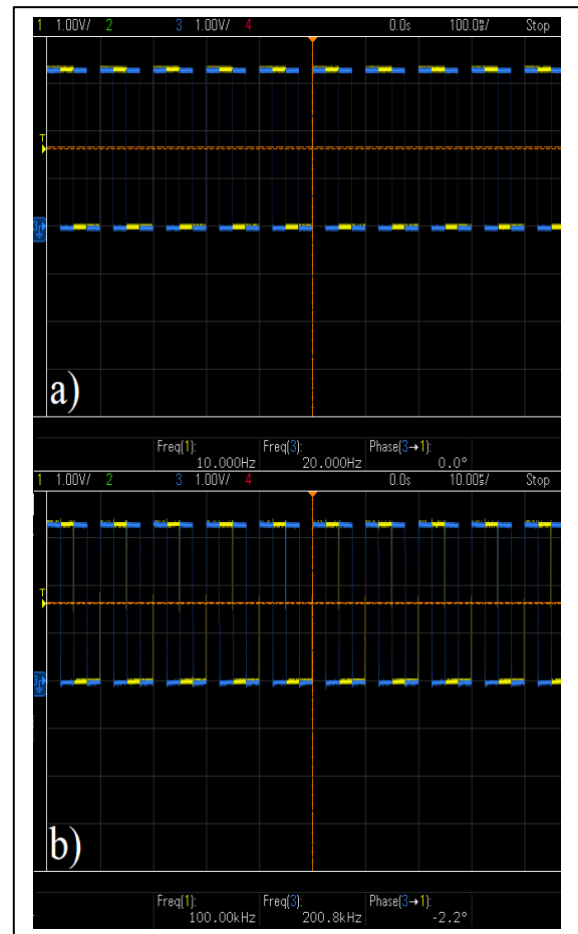


Figura 1. Diagrama de bloques del programa para el FPGA.

detector de fase y frecuencia, la otra señal que entrega el sintetizador tiene un desfase de 90° de la señal de entrada.

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Programamos nuestro lazo de amarre de fase en una tarjeta de desarrollo DE0-Nano de TERCASIC, la cual cuenta con un FPGA. Le alimentamos a la entrada del lazo una señal cuadrada de 3.3 V (digital) proveniente de un generador de funciones, y comparamos esta señal con la salida del sintetizador del lazo por medio de un osciloscopio. Observamos que el lazo puede amarrarse sin problemas desde los 10 Hz hasta los 100 kHz manteniendo una diferencia constante de 90° , como lo podemos observar en la figura 2.

Figura 2. Amarre de la señal de salida del lazo (verde) a 90° , de la señal de entrada (amarilla), para a) 10 Hz y b) 100 kHz.Figura 3. Señal al doble de frecuencia (azul) a 90° , de la señal de entrada (amarilla), para a) 10 Hz y b) 100 kHz.

Gracias a que la salida y entrada del lazo de amarre de fase se encuentran desfasadas por 90° podemos simplemente alimentar estas dos señales a una compuerta XOR. El resultado a la salida del XOR sería una señal al doble de la frecuencia de la señal de entrada de nuestro lazo de amarre de fase. De esta forma mostramos la posibilidad de usar el lazo en una aplicación de multiplicación de frecuencia. Como podemos ver en la figura 3 el lazo logra generar señales en el rango de 20 Hz a 200 kHz.

IV. CONCLUSIONES

Logramos crear un lazo de amarre de fase para señales digitales (cuadradas) de 10 Hz hasta 100 kHz. Demostrando una potencial aplicación como multiplicador de frecuencia.

Además, gracias a los resultados obtenidos, es fácil ver que, por su buena funcionalidad el lazo de amarre de fase podría integrarse en diseños de lazos más complejos, que tengan otras funcionalidades como amarrarse a señales sinusoidales. También, podría integrarse a instrumentos de medición que requieren etapas de modulación y desmodulación, ya sea para separar señales en diferentes canales u obtener mediciones de bajo ruido.

REFERENCIAS

- [1] B. Razavi, “Phase locked loops and clock recovery circuits, theory and design”, IEEE press.

AgroNova

Sistema automático para el control y cuidado de cultivos

J. A. Arias Pérez, Y. Y. Hernández Carmona, D. P. Martínez Ortiz, O. Ramírez Lozano, I. Lara Velásquez.
Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica Mecatrónica y Semiconductores, Instituto Tecnológico Nacional de México ITSLP.
L22180746@slp.tecnm.mx

Resumen—Para la transmisión de datos mediante tecnología LPWAN, se implementaron módulos LoRa (Long Range), los cuales destacan por su capacidad para enviar información a largas distancias con un consumo de energía extremadamente bajo, ideal para aplicaciones agrícolas en zonas rurales. Estos módulos operan en bandas de frecuencia libres (como 915 MHz en América y 868 MHz en Europa), y pueden alcanzar rangos de hasta 15 km en línea de vista abierta, lo que los convierte en una solución eficiente y económica para redes de sensores distribuidos. En este proyecto, los módulos LoRa permiten la comunicación entre los nodos de monitoreo y la estación base, asegurando que los datos de los sensores lleguen de forma confiable a la plataforma de análisis remoto, incluso en áreas sin cobertura celular.

Palabras clave—Sistema de riego, LPWAN, monitoreo agrícola, eficiencia hídrica.

Abstract—This paper presents the development and implementation of a smart irrigation system based on LPWAN technology, designed to optimize water use in agriculture. By integrating advanced sensors, the system monitors environmental and soil variables such as humidity, temperature, rain and light in real time. The collected information is processed and sent to a data analysis platform, enabling accurate irrigation management decisions. Through an automated system, the solenoid valve is activated only when necessary, avoiding waste and improving water efficiency. Furthermore, the system uses solar energy to ensure its autonomy and sustainability.

Index Terms—Irrigation system, LPWAN, agricultural monitoring, water efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades económicas más importantes a nivel mundial, siendo responsable de una gran parte del consumo de agua dulce. Sin embargo, la escasez de agua supone menos agua para la producción agrícola, lo cual, a su vez, supone menor disponibilidad de alimentos y pone en peligro la seguridad alimentaria y la nutrición y el cambio climático han generado la necesidad de implementar estrategias más eficientes para la gestión de este recurso. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y

la Agricultura (FAO), aproximadamente el 70 % del agua dulce extraída

a nivel global se destina a la agricultura, y una gran proporción de esta se pierde debido a sistemas de riego ineficientes y malas prácticas de gestión del agua [1].

Low Power Wide Area Networks o también conocido popularmente por sus siglas en inglés LPWAN, son redes de área amplia y baja potencia. Su tecnología de comunicación inalámbrica permite suplir necesidades específicas. A diferencia de las redes móviles tradicionales, las LPWAN operan a un coste menor con mayor eficiencia energética. También admiten una mayor cantidad de dispositivos conectados en un área más grande [2].

La implementación de redes de comunicación de bajo consumo energético, como LPWAN (Low Power Wide Area Network), ha sido clave en la evolución de estos sistemas. LPWAN permite la transmisión de datos en tiempo real a largas distancias con un consumo mínimo de energía, facilitando la supervisión y gestión remota del riego en áreas rurales con infraestructura limitada.

Para la transmisión de datos mediante tecnología LPWAN, se implementaron módulos LoRa (Long Range), los cuales destacan por su capacidad para enviar información a largas distancias con un consumo de energía extremadamente bajo, ideal para aplicaciones agrícolas en zonas rurales. Estos módulos operan en bandas de frecuencia libres (como 915 MHz en América y 868 MHz en Europa), y pueden alcanzar rangos de hasta 15 km en línea de vista abierta, lo que los convierte en una solución eficiente y económica para redes de sensores distribuidos. En este proyecto, los módulos LoRa permiten la comunicación entre los nodos de monitoreo y la estación base, asegurando que los datos de los sensores lleguen de forma confiable a la plataforma de análisis remoto, incluso en áreas sin cobertura celular [3].

Las electroválvulas son fundamentales en un sistema de riego, ya que se activan y desactivan para facilitar el flujo del agua desde las tuberías del sistema hacia los elementos de riego. Y también proporcionan múltiples beneficios para diversas aplicaciones, lo que se logra a través de su habilidad para

regular con exactitud el paso de líquidos utilizando eléctrica [2].

Las herramientas tecnológicas en el ámbito agrícola disminuyen las pérdidas tras la recolección y optimizan la calidad de los productos elaborados, lo que facilita el acceso a los alimentos. La biofortificación, que es reconocida por su capacidad para enriquecer la nutrición, contribuye a afrontar la falta de micronutrientes en las personas [4]. Además, la incorporación de paneles solares y baterías recargables hace que estos sistemas sean sostenibles y funcionales en regiones con acceso limitado a la red eléctrica. Según la FAO, el uso de energía solar en riego puede reducir hasta un 90 % los costos operativos asociados al consumo eléctrico en comparación con métodos tradicionales [5].

II. METODOLOGÍA

El proyecto se inició mediante el diseño de un prototipo en 3D, por el cual se modeló la disposición física de cada uno de los componentes. En este diseño, se definió la ubicación de los sensores en el terreno, del lugar que el panel solar ocuparía, la batería, el sistema de control (placa ESP32 y Arduino UNO), y la electroválvula. Esta simulación hizo posible completar los cables necesarios y, por ende, permitir optimizar el montaje del sistema antes de haber realizado el ensamblaje del mismo físicamente.

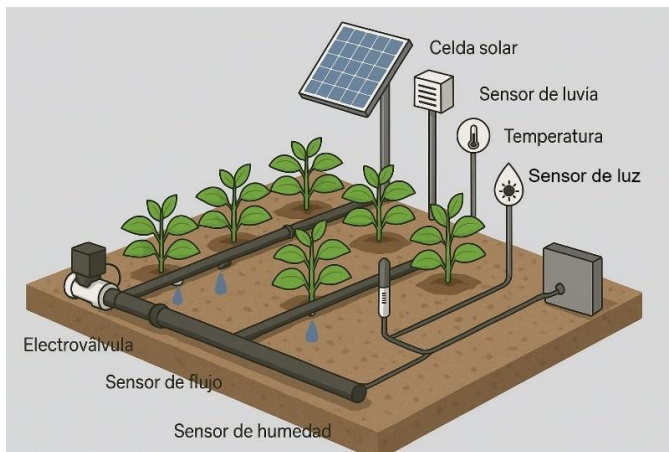


Fig. 1. Prototipo virtual.

Una vez que terminamos el diseño virtual, lo siguiente que se hizo fue proceder al armado del sistema real. Uno de los primeros componentes en montarse fue el sensor de humedad del suelo. Este sensor, que tiene un tipo de sensor capacitivo, se entierra a una profundidad tal de forma tal que sea capaz de medir cuánta agua contiene el suelo en la zona radicular de la planta. Su señal analógica se conectó a uno de los pines analógicos configurados en el ESP32, lo cual permite al sistema saber si el suelo está seco o húmedo. Para medir las condiciones atmosféricas, implementamos un sensor DHT22, que reporta temperatura y humedad ambiental.

Este sensor fue acoplado a un pin digital del ESP32, resultando esencial para interpretar los factores que inciden directamente en la evaporación del agua, así como en el bienestar del cultivo. Con el propósito de evitar regar en los días

de lluvia, se incorporó un sensor de lluvia resistivo que, a partir de la presencia de gotas, informa de cambios en su libre resistencia. Se utilizó un sensor de lluvia en conexión a la entrada digital del microcontrolador, cuya lectura se usó para anular el riego mediante la detección de lluvia, ayudando así a prevenir el desperdicio de agua. Para obtener el valor de la luz, también se incorporó un sensor de luz (LDR, del inglés Light Dependent Resistor) que mide la intensidad de la luz. Esto nos permitirá saber si el día era nublado o soleado, información útil para ajustar los parámetros de riego y monitorizar el entorno. Su señal es analógica y se conectó a uno de los pines del ESP32; el valor va a sufrir un cambio en función del nivel de la luz que llega al sensor; a medida que la luz va aumentando, la resistencia disminuye, generando un cambio de voltaje dependiendo del nivel de luminosidad. Y finalmente, para la medición del flujo de agua se utilizó un sensor de caudal que se colocó en la tubería. El sensor cuenta con una pequeña turbina que gira con el paso del agua, generando pulsos eléctricos proporcionales al volumen de agua. Cada pulso representa un número específico de mililitros o litros. El cable de salida del sensor se conectó a un pin digital del ESP32 configurado como interrupción, permitiéndonos contar cada pulso y así obtener el volumen de agua total.

Para complementar la transmisión de todos estos datos hacia una estación base remota, se integró un módulo LoRa al sistema, conectándolo a los pines del ESP32 permitiendo así una comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo energético.

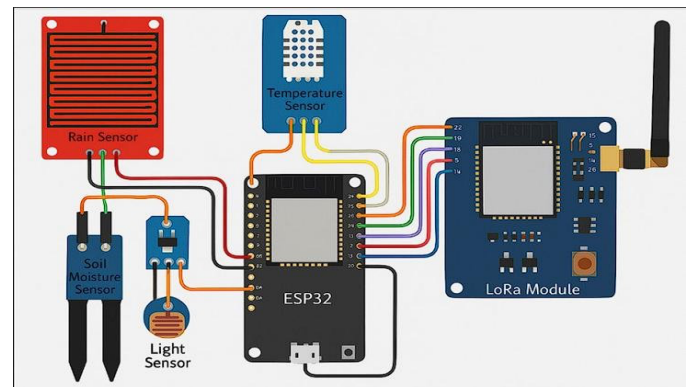


Fig. 2. Conexiones de los sensores con el sp32.

El control del flujo de agua se lleva a cabo gracias al uso de una electroválvula que trabaja a un voltaje de 12 volts, siendo capaz de poner en marcha o no poner en marcha el sistema de riego según las condiciones propias del suelo. Esta válvula electroválvula está conectada a un módulo relé, el cual se encarga de accionar a modo de interruptor electrónico mediante la señal enviada por un ESP32. Esta electroválvula es accedida a un módulo relé el cual hace el trabajo de accionar a modo de interruptor electrónico por medio de la señal del ESP32. Cuando la humedad del suelo cae por debajo de un umbral establecido y teniendo en cuenta que no ha habido lluvias, un microcontrolador manda la señal al módulo relé el cual otorga la energía a la electroválvula lo que hace que el riego se lleve a

cabo. Para darle energía a todo el sistema se ha instalado un panel solar fotovoltaico que carga una batería recargable mediante un controlador de carga solar. Este módulo se encarga de gestionar la carga, protegiendo a la batería de sobrecargas y asegurando el funcionamiento del sistema durante la noche o para condiciones con baja radiación solar. La batería se encarga de suministrar energía tanto al ESP32 como al Arduino UNO y a todos los sensores que se encuentran conectados.

En cuanto a la delimitación de tareas entre los dos microcontroladores, decir que el ESP32 es el elemento principal para la lectura de los sensores que son tanto analógicos como digitales, y la activación de la electroválvula: el Arduino UNO se trata de un microcontrolador de apoyo para tareas complementarias, las cuales son, sobre todo, tareas de adquisición de datos complementarios o de comprobación de las lecturas de los sensores mientras hace el proceso de pruebas.

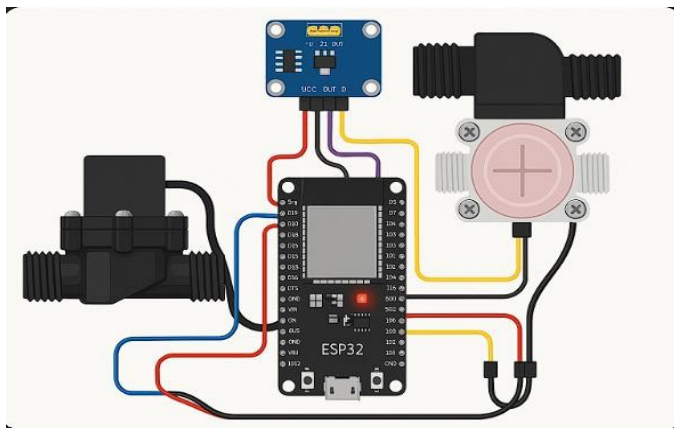


Fig. 3. Conexión de la electroválvula, el sensor de flujo y el sensor caudal al sp32.

Todo el sistema de lógica se desarrolló en el entorno de Arduino IDE utilizando el lenguaje C/C++ y las librerías correspondientes para cada componente. Se definieron las variables de referencia (umbrales) y se utilizó la estructura condicional if para comparar las lecturas de los sensores con las variables de referencia, en función de las cuales se decide si se producen riegos. Se activa la electroválvula si el suelo está seco, no hay lluvia caída hasta el momento y las condiciones ambientales son propicias. Finalmente, se programó el sistema para enviar los datos recolectados mediante tecnología LPWAN (Low Power Wide Area Network). Con una extensión que puede ir más allá de los 100 metros, esta red de bajo consumo puede llegar a cualquier área de cultivo.

La información que transmite esta red es el que incluyen los valores actuales de la humedad del suelo, la temperatura del aire, la humedad ambiental, la intensidad de la luz, el caudal de agua y el estado de la válvula. A partir de esta información se generan datos en una plataforma de monitoreo remoto donde el agricultor puede observar gráficos, recibir alertas y tomar decisiones basadas en información correcta.

Para el montaje final del sistema, se optó por instalar los componentes sobre una base compacta, asegurando una disposición ordenada y funcional.

Al momento de realizar las conexiones y comenzar con las pruebas de funcionamiento, se identificaron algunos ajustes necesarios, especialmente en relación con el flujo de agua controlado por la electroválvula. Durante esta fase, se observó un comportamiento relevante: al realizar las pruebas iniciales con la fuente de agua situada al mismo nivel o por debajo de la electroválvula, esta no permitía el paso del flujo de agua de manera adecuada, lo que impedía el correcto funcionamiento del sistema de riego.

Ante esta situación, se procedió a modificar la disposición del sistema, elevando el depósito de agua aproximadamente uno o dos metros por encima del nivel de la electroválvula. Con esta configuración, se generó la presión necesaria para activar correctamente el mecanismo interno de la válvula, permitiendo el paso del caudal de agua sin inconvenientes. Estas observaciones permitieron optimizar el sistema antes de su validación en campo.

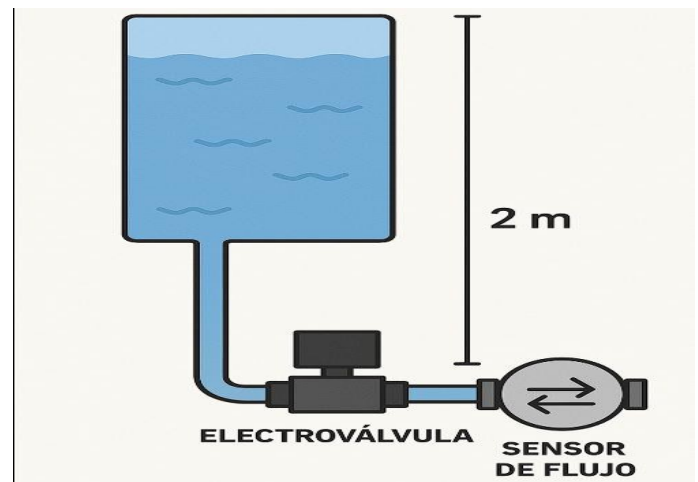
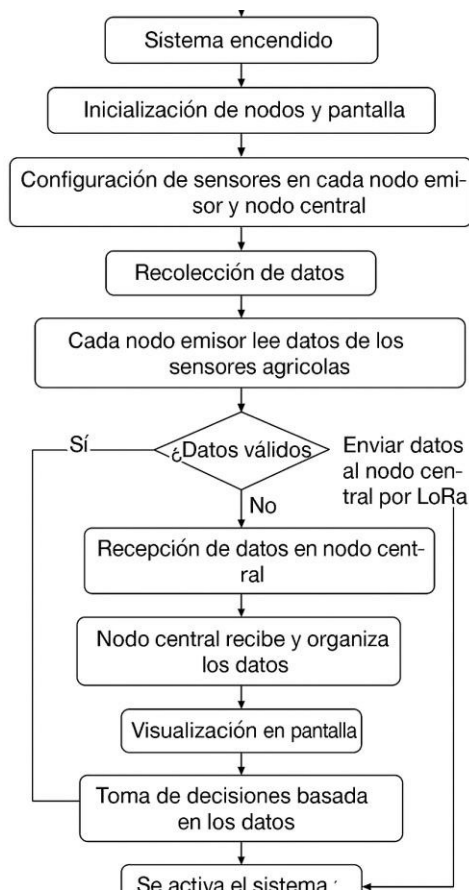


Fig. 4. Conexión de la electroválvula y el sensor de flujo con el tinaco a una altura de 2 metros.

III. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN



IV. CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema de riego inteligente demuestra que es posible integrar tecnologías de monitoreo, comunicación y automatización para generar una herramienta útil para la agricultura moderna. El uso eficiente del agua y el acceso a datos en tiempo real permiten mejorar la toma de decisiones, reducir el impacto ambiental y aumentar la productividad. A futuro, se planea incorporar capacidades de aprendizaje automático para predecir necesidades de riego según patrones históricos, así como la integración con plataformas móviles para un mayor alcance entre los usuarios rurales.

REFERENCES

- [1] <https://www.fao.org/newsroom/detail/water-scarcity-means-less-water-for-agriculture-production-which-in-turn-means-less-food-available-threatening-food-security-and-nutrition/es>
- [2] <https://alaiseure.es/glosario/lpwan-que-es-para-que-sirve-y-como-funciona/>
- [3] <https://alaiseure.es/glosario/lpwan-que-es-para-que-sirve-y-como-funciona/>
- [4] <https://rexroth-hydraulics.com.mx/blog/electrovalvulas/>
- [5] <https://blog.agroptima.com/es/blog/eficiencia-del-riego/>
- [6] <https://unctad.org/es/news/por-que-los-agricultores-familiares-necesitan-un-mayor-acceso-la-tecnologia#:~:text=Las%20tecnolog%C3%ADas%20de%20procesamiento%20agr%C3%ADcola,la%20carencia%20humana%20de%20micronutrientes.>

Prototipo de una máquina CNC para impresión de PCBs

Gerardo Aguilera Maldonado

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P, México

A291128@alumnos.uaslp.mx

Resumen—Este proyecto presenta el diseño e implementación de una máquina CNC (Control Numérico por Computadora) desarrollada específicamente para el maquinado de placas de circuito impreso (PCBs). El sistema es controlado mediante una interfaz gráfica de usuario basada en LabVIEW, la cual se comunica con un microcontrolador Arduino para la coordinación en tiempo real del movimiento. La arquitectura de control integra controladores de motores a pasos DRV8824/DRV8825 [1], lo que permite tanto el control lógico como la gestión de potencia de los motores que operan de forma independiente los ejes X, Y y Z. La combinación del entorno intuitivo de LabVIEW con la flexibilidad del Arduino y la precisión de los controladores DRV ofrece una solución económica y personalizable para la prototipación de PCBs. El sistema se enfoca en la modularidad, el uso de componentes de bajo costo y la facilidad de uso para aplicaciones educativas y de manufactura a pequeña escala.

Palabras Clave—Máquina CNC, PCB, LabVIEW, Microcontrolador Arduino, controlador DRV8824/DRV8825.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la electrónica tiene un impacto en prácticamente cualquier aplicación residencial o industrial que se imagine.

Una máquina capaz de "fabricar" una placa de circuito impreso ó PCB (por sus siglas en inglés) es fundamental y su correcta implementación basada en software libre (casi en su totalidad) brinda una flexibilidad enorme y gran aplicación a futuro.

II. DISEÑO DEL SISTEMA

En primera instancia se diseñó la estructura y marco basándose en diseños previos [2], aspecto crítico para la determinación de estabilidad y precisión del sistema. Así mismo se optó por un sistema conformado por un tornillo de avance, un par de ejes lineales conectados a un motor a pasos, lo que conforma cada eje de movimiento. Siendo controlados por un sistema Arduino/microcontrolador que reciben órdenes desde un programa de control implementado en LabVIEW.

La electrónica consiste en la placa Arduino en conjunto a un módulo de conexión diseñado para los drivers DRV8824/DRV8825, se opta por estos drivers ya que permiten un suministro de voltaje más alto y un manejo del apartado lógico adecuado [1]. Además se implementan para fines de control, switches de “fin de carrera”, específicamente dos en cada eje de movimiento, para tener un seguro en caso de avance fuera de límite, estos conllevan un simple circuito. La finalidad de lo anterior es tener una impresora 2D (dibujos), lo que permitiría tener un prototipo funcional para pruebas y calibración de controles.

III. RESULTADOS

Se optó por un sistema conformado por un torque

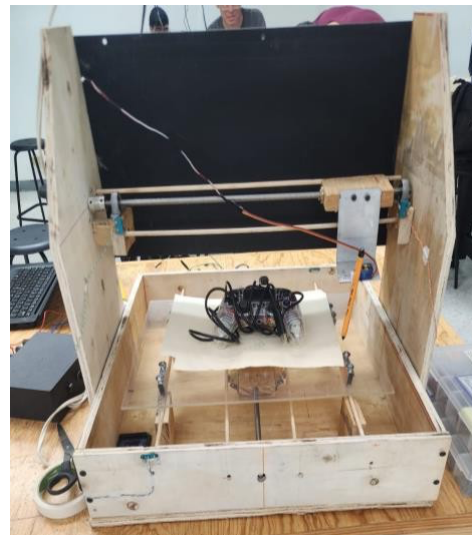


Fig.1. Máquina CNC en su primera versión de prototipo.

En la figura 1 se muestra un avance en el prototipado de la máquina capaz de refinar el control mediante LabVIEW y el microcontrolador Arduino, tales como pruebas de calibración.

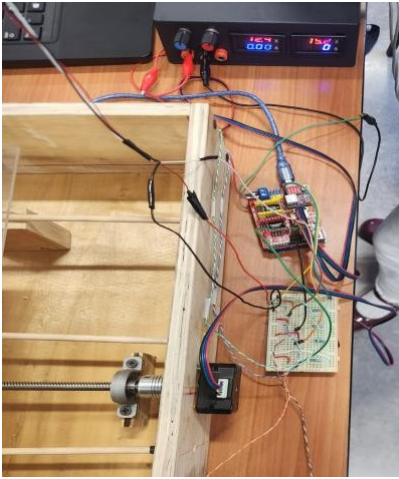


Fig.2. Electrónica implementada ais

IV. PERSPECTIVAS

Se busca implementar un sensor de distancia basado en VISION (National Instruments) para la calibración inicial y monitoreo en tiempo real de la CNC, posteriormente un programa de mapeo a coordenadas de diseños de PCBs será implementado para la finalización de un prototipo funcional capaz de realizar diseños de PCB.



V. CONCLUSIONES

Resulta conveniente el desarrollo de una máquina CNC como prototipo, en una primera etapa en madera casi en su totalidad por su bajo costo en insumos y tiempo. Además de que esto permite una pronta pre-calibración del sistema de avance, para un posterior mejoramiento de la estructura.

La implementación de una interfaz en LabVIEW con el uso de hardware de libre distribución permite una enorme flexibilidad en la programación, control y manejo de la máquina.

REFERENCES

- [1] <https://www.ti.com/product/es-mx/DRV8824>
- [2] <https://acromaquinados.com/como-construir-una- maquina-cnc/>

Gerardo Aguilera Maldonado. Es un estudiante en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, San Luis Potosí, México. Actualmente cursa su último semestre en la licenciatura en ingeniería física, en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, desarrolló un prototipo de una máquina CNC con grandes capacidades y flexibilidad de adaptación. Para más información contacte: A291128@alumnos.uaslp.mx

SAFESENSE

Martínez Contreras Karla Paola, Tovar Martínez Sergio Daniel, Martínez Méndez Erika Nayely,
Ramos Torralva Jesús Antonio, Miranda Moreira Santiago Alejandro, Luz Roxana de León Lomelí
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Resumen—En los sectores industrial y minero, la exposición a gases tóxicos representa un riesgo grave para la salud de los trabajadores, al poder provocar enfermedades respiratorias y accidentes. Para enfrentar esta problemática, se propone el desarrollo de un casco sensorial inteligente, equipado con sensores de detección de gases peligrosos como monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), amoníaco (NH₃), entre otros. El dispositivo incluye un sistema de alerta sonora y vibratoria que se activa automáticamente cuando las concentraciones superan los límites establecidos por las normativas de seguridad.

El sistema está controlado por un microcontrolador que interpreta las señales de los sensores y activa las alarmas en tiempo real. El diseño del casco prioriza la ergonomía, la ligereza y la adaptabilidad a entornos hostiles, además de contar con una batería recargable de larga duración y eficiencia energética.

Entre sus principales beneficios se encuentran: el aumento de la seguridad laboral, la reducción de riesgos de enfermedades respiratorias, la facilidad de uso y la versatilidad en diversos ambientes de trabajo. Este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, especialmente con el ODS 3 (salud y bienestar) y el ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico).

Resultados cualitativos:

- Mayor percepción de seguridad y confianza en entornos peligrosos.
- Reducción de incidentes gracias a alertas tempranas.
- Alineación con políticas de salud y seguridad ocupacional.

Resultados cuantitativos:

- Monitoreo en tiempo real de los dispositivos.
- Tiempo de alerta: 1.2 segundos tras detectar concentraciones críticas.
- Detección simultánea de los diferentes gases

importante de morbilidad en trabajadores de sectores industriales. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 7 millones de muertes anuales están relacionadas con la contaminación del aire, siendo una parte considerable atribuible a la exposición en el lugar de trabajo. En entornos subterráneos, como minas, las concentraciones de gases tóxicos pueden aumentar rápidamente debido a la falta de ventilación adecuada, generando situaciones críticas en pocos minutos.

La pandemia de COVID-19 evidenció aún más la vulnerabilidad del sistema respiratorio humano y la necesidad de contar con ambientes de trabajo controlados y seguros. Esta crisis sanitaria también subrayó la urgencia de implementar tecnologías que permitan el monitoreo continuo del aire, tanto para evitar exposiciones prolongadas como para anticiparse a posibles emergencias. En este contexto, contar con dispositivos de detección y alerta inmediata no solo protege la salud de los trabajadores, sino que también contribuye a la continuidad operativa de sectores estratégicos sin comprometer el bienestar humano.

El desarrollo de sistemas de monitoreo portátil, como el propuesto casco sensorial, se presenta como una solución innovadora y práctica para enfrentar estos desafíos, integrando tecnología, prevención y salud laboral en un solo dispositivo.

Contribuciones:

- Desarrollo de un casco sensorial para la detección gases tóxicos.
- Sistema de alerta inmediata (sonora y vibratoria).
- Monitoreo en tiempo real.
- Mejora de la seguridad laboral y prevención respiratoria.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en la prevención y reducción de enfermedades respiratorias provocadas por la exposición a gases tóxicos, particularmente en entornos industriales y mineros, mediante el desarrollo de un sistema de monitoreo de la calidad del aire. El objetivo principal es garantizar una respuesta rápida y eficaz ante niveles críticos de contaminación que representan un peligro para la salud humana, mejorando así la seguridad ocupacional y reduciendo los riesgos asociados a ambientes laborales peligrosos.

Las enfermedades respiratorias causadas por la exposición a gases como monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃) y metano (CH₄) representan una causa

II. MATERIALES

- Modulo Arduino
- Modulo ESP32
- Modulo Arduino nano
- GPS
- Pantalla LCD
- Led
- Potenciometro
- Resistencias
- Protoboard
- Modulo RF433
- Sensores de vibración
- Buzzer

- Madera
- Sensores de gas

MQ-2: Detecta humo, metano y butano

MQ-135: detecta calidad de aire

MQ-4: gas metano

III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para este proyecto de monitoreo de calidad del aire, se utilizó un enfoque experimental que implica la construcción, prueba y evaluación de un prototipo funcional.

El procesamiento de la información es realizado por un **microcontrolador ESP32** que recibe señales de dos detectores de gases: el **sensor MQ2** para gases como gas i- butano, propano, metano, alcohol, hidrógeno, y el **sensor MQ135**, que detecta amoníaco, dióxido de nitrógeno, benceno, dióxido y monóxido de carbono. Estos sensores miden la concentración de gases en un rango de 300 a 10,000 ppm, donde el nivel de toxicidad para el ser humano inicia a partir de 800 ppm.

Los datos capturados se envían a una base de datos para su análisis y almacenamiento. El sistema activa diferentes alarmas a través de:

1. **Estación** (alerta visual)
2. **Zumbador** (alerta auditiva)
3. **Módulo de vibración** (adaptado a una pulsera táctil).

El flujo del proceso se muestra en un diagrama de flujo (Figura 1).

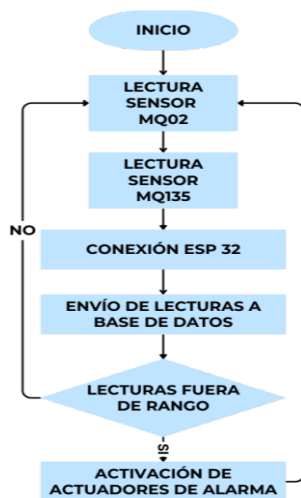


Fig. 1. Diagrama de flujo.

Se emplearon diversas herramientas, distribuidas según las etapas:

- ✓ Software:
 - ✓ Arduino IDE: programar el ESP32
 - ✓ Proteus: para simulaciones del diseño.
- ✓ Equipo de Laboratorio:
 - ✓ Osciloscopio y multímetro:
 - ✓ Cromatografía de gases
- ✓ Equipo de producción:
 - ✓ Impresora de tarjetas integradas y estación de soldadura
 - ✓ Estación de pruebas de calidad

IV. RESULTADOS

Los resultados muestran un sistema modular de monitoreo de gases tóxicos, simulado en Arduino, que activa alarmas según límites de ppm establecidos en normas de seguridad.

A. Resultados de simulación

La simulación en Arduino demostró un funcionamiento efectivo del control On-Off del sistema. En la Figura 2, se muestra el circuito del sistema, que emplea el sensor de gas MQ02 como entrada y tiene tres actuadores para emitir alertas:

- **Lámpara LED:** Indicador visual que se enciende ante altas concentraciones de gas.
- **Motor de vibración:** Emite alertas táctiles
- **Zumbador:** Proporciona alarma sonora

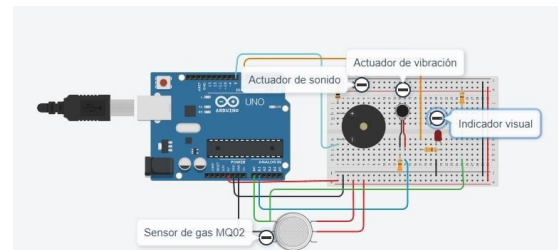


Fig. 2. Simulación inicial

B. Resultados de módulo de alerta

El sistema de monitoreo se implementó en tres módulos;

Módulo Estacionario: Este módulo proporciona una alarma visual a través de una pantalla LCD y luces LED (Figura 3).



Fig. 3. Módulo estacionario

Módulo Portátil: Este módulo integra una alarma sonora brindando una solución móvil para el usuario (Figura 4) con un GPS para localización.



Fig. 4. Módulo Portátil

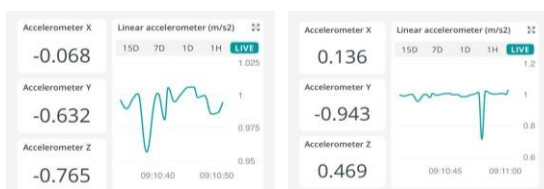
Módulo Personal: sistema diseñado para usarse en la muñeca, permitiendo alertas vibratorias individuales ante la detección de gases peligrosos (Figura 5).



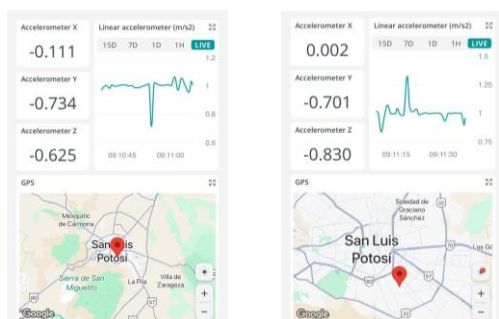
Fig. 5. Módulo personal

Cada módulo fue probado en la simulación para confirmar que las alarmas respondieron eficientemente.

C. Resultados de pruebas de la detección de emisión de gases



D. Resultados del monitoreo en tiempo real por medio del GPS



V. CONCLUSIONES

Este proyecto buscó desarrollar un sistema de seguridad compuesto por un casco, pulsera y módulo estacionario, cada uno equipado con sensores para detectar gases peligrosos en diferentes entornos. Se planteó como objetivo principal la detección oportuna de gases tóxicos para reducir riesgos y mejorar la seguridad de los trabajadores.

Los objetivos se alcanzaron parcialmente. Los dispositivos lograron detectar gases como monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, emitiendo alertas en tiempo real cuando se superaban los umbrales de seguridad.

El proyecto demostró que los sistemas portátiles de monitoreo de gases pueden integrarse con el equipo de protección personal.

VI. TRABAJO FUTURO

Para optimizar la funcionalidad del casco sensorial en entornos industriales y mineros, se propone la implementación de un sistema de comunicación por radiofrecuencia (RF), el cual permitirá establecer una conexión inalámbrica continua entre el casco y una estación base o centro de control. Esta integración permitirá el monitoreo remoto en tiempo real de los niveles de gases detectados, facilitando una respuesta inmediata por parte del personal de seguridad ante cualquier situación de riesgo.

Asimismo, se plantea la integración de una base de datos centralizada que almacene los registros históricos de las concentraciones de gases por usuario, ubicación y tiempo, permitiendo generar reportes, identificar patrones de exposición y cumplir con normativas de salud ocupacional.

REFERENCIAS

- [1] Becker Safety. (2023). Detección y monitoreo de gases: garantía de seguridad en entornos de trabajo. Recuperado de <https://beckersafety.com/es/blogs/the-becker-blog/gas-detection-and-monitoring-ensuring-safety-in-work-environments> Becker Safety and Supply
- [2] IMARK. (2023). ¿Por qué es importante la detección de gases en ambientes de trabajo?. Recuperado de <https://imark.pe/por-que-es-importante-la-deteccion-de-gases-en-ambientes-de-trabajo/> Imark
- [3] SafetyCulture. (2024). Monitoreo de la calidad del aire. Recuperado de <https://safetyculture.com/es/temas/monitoreo-de-la-calidad-del-aire/> SafetyCulture
- [4] Peritos Legales. (2023). Enfermedades profesionales del sistema respiratorio. Recuperado de <https://safetyculture.com/es/temas/monitoreo-de-la-calidad-del-aire/> SafetyCulture
- [5] Geseme. (2025). Impacto de la contaminación ambiental en la salud laboral: riesgos y estrategias de prevención de riesgos laborales (PRL). Recuperado de <https://geseme.com/impacto-de-la-contaminacion-ambiental-en-la-salud-laboral-riesgos-y-estrategias-de-prevencion-de-riesgos-laborales-prl/> Geseme
- [6] MSD Manuals. (2023). Lesión por inhalación de gas irritante. Recuperado de <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/enfermedades-pulmonares-ambientales-y-ocupacionales/lesi%C3%B3n-por-inhalaci%C3%B3n-de-gas-irritante> MSD Manuals+1 MSD Manuals+1

- [7] Sanalife. (2023). ¿Qué es el estándar de OSHA para la calidad del aire?. Recuperado de <https://www.sanalifewellness.com/es/blog/what-is-the-osh-standard-for-air-quality>Sanalife
- [8] Intecon. (2023). Sistemas de monitoreo de aire respirable (RAM). Recuperado de <https://intecon.com/es/categoria-producto/salud-y-seguridad-ocupacional/sistemas-de-monitoreo-de-aire-respirable-ram/Intecon+1Intecon España+1>
- [9] Mariano, K. D. P., Almada, F. L. N., & Dutra, M. (2024). Smart Air Quality Monitoring for Automotive Workshop Environments. arXiv preprint arXiv:2410.03986. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2410.03986>arXiv
- [10] Narkhede, P., Walambe, R., Mandaokar, S., Chandel, P., Kotecha, K., & Ghinea, G. (2021). Gas Detection and Identification Using Multimodal Artificial Intelligence Based Sensor Fusion. arXiv preprint arXiv:2106.06180. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2106.06180>arXiv

Sistema embebido 4.0 multitarea para el monitoreo de señales biológicas y otros sensores

Edna G. Briones Andrade, Francisco Sánchez Niño, Lorena Rodríguez Salas, y Oscar F. Núñez Olvera
*Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO), Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 (UASLP) San Luis Potosí, México*

Resumen – Este trabajo presenta un dispositivo para la supervisión a distancia de signos vitales y diversos tipos de señales, fundamentado en sistemas embebidos, centrado en la captación y presentación de señales ECG (electrocardiograma) y EMG (electromiografía), además de poseer la facultad de enviar señales provenientes de sensores cuya aplicación demande una vigilancia constante. Para la implementación del dispositivo se utilizó un procesador de doble núcleo, el ESP32, el sensor cardíaco AD8232, el sensor para adquisición de la actividad muscular X2-482, el sensor de temperatura LM35 y una pantalla OLED de 128x64 píxeles para la visualización de los datos. La señal a monitorear es enviada a través de una red inalámbrica WIFI hacia un servidor Modbus TCP/IP, que transmite el valor de los datos hacia un panel frontal implementado en LabView en donde también son enviados a una página Web con el propósito de acceder a la información en cualquier ubicación y plataforma. Los resultados muestran un sistema capaz de capturar, transmitir y visualizar señales fisiológicas para propósitos académicos y de investigación.

Palabras clave – ECG, EMG, ESP32, OLED, Modbus TCP/IP, monitoreo biomédico.

I. INTRODUCCION

La tecnología ha desencadenado una época de medicina más exacta, asequible y eficaz. Gracias al avance de la inteligencia artificial, la biotecnología y la conexión digital, el porvenir de la salud augura terapias más individualizadas y una mejor calidad de vida para los pacientes a nivel global. La instrumentación biomédica juega un rol crucial en la vigilancia de señales biológicas, posibilitando la captación, el procesamiento y el análisis de datos fisiológicos al instante. Su relevancia reside en aspectos esenciales como: la identificación y la detección precoz de signos vitales como el ritmo cardíaco, la tensión arterial, la temperatura y los niveles de oxígeno, lo que facilita la identificación temprana de enfermedades, permitiendo diagnósticos más certeros y oportunos.

La monitorización de señales fisiológicas es fundamental en el contexto médico, deportivo y de investigación por lo que la optimización en la asistencia sanitaria mediante dispositivos móviles y sistemas a distancia que consienten el seguimiento

de pacientes fuera del ámbito hospitalario, optimizando recursos médicos y disminuyendo la necesidad de ingreso hospitalario. La instrumentación biomédica es, por lo tanto, un campo multidisciplinar que exige pericia en diversas áreas como la electrónica digital y analógica, teoría de control, sistemas y señales, seguridad eléctrica y biocompatibilidad de materiales, entre otros.



Fig. 1. Sistema de monitorización de señal biológica.

En el presente trabajo se presenta una aplicación de tecnología de internet de las cosas para monitoreo de signos vitales, así como sensores que requieren de una supervisión constante o la señal de un generador. Este sistema presenta una alternativa eficaz y asequible para la supervisión a distancia de pacientes, perfeccionando la capacidad de reacción frente a urgencias médicas y optimizando la asistencia tanto en ambientes clínicos como en el hogar. La información se transmite en el sistema implementado a través de la red WIFI, empleando el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP. Seguidamente, se detallan las fases que componen el dispositivo.

II. DESARROLLO

A. Hardware utilizado

ESP32: Microcontrolador de doble núcleo con conectividad WiFi integrada, utilizado para el muestreo de señales y transmisión de datos.

- Módulo ECG AD8232: Sensor de bajo consumo diseñado para la adquisición de señales cardíacas.
- Módulo EMG MU-MUSC: Sensor para monitoreo de actividad muscular.
- Potenciómetro: Usado como entrada analógica para calibración y pruebas de sensibilidad del sistema.
- Generador de funciones: Proporciona señales analógicas estándar para pruebas del sistema.
- Pantalla

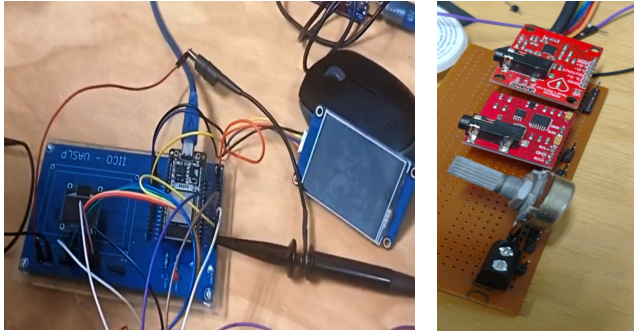


Fig. 2. Hardware utilizado en el proyecto

B. Digitalización y transmisión

La adquisición de los datos en un proceso por el cual un fenómeno físico del mundo real es transformado en una señal eléctrica, las cuales pueden ser convertidas en forma digital para un procesamiento, análisis y almacenamiento. Para llevar a cabo la adquisición de una señal es importante tres componentes básicas:

- Sensores: Convierten un fenómeno físico en una señal eléctrica.
- Acondicionamiento de la señal: Manipula la señal convirtiéndola en una señal apropiada para la entrada a la tarjeta de adquisición de datos.
- Software para la adquisición de datos: La señal es convertida de ser analógica a un formato digital y es transmitida a una computadora para la manipulación de la señal.

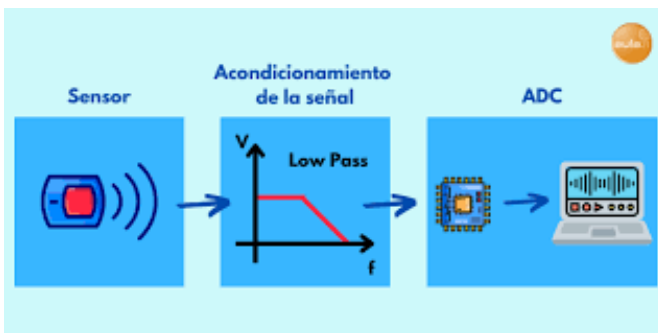


Fig. 3. Componentes básicos para adquisición y digitalización de señales analógicas.

Las señales analógicas fueron adquiridas por los sensores AD8232, MU-MUSC, un potenciómetro y un generador de funciones, posteriormente se digitalizaron en el ESP32 y

posteriormente se transmitió mediante TCP/IP a través de WIFI hacia una estación implementada en Labview.

C. Interfaz en Labview

Se diseñó una interfaz gráfica que actúa como osciloscopio, con múltiples canales para visualizar simultáneamente señales ECG, EMG, y las señales analógicas adicionales. La comunicación se gestionó con bloques TCP/IP nativos de LabVIEW

III. RESULTADOS

El sistema fue capaz de capturar señales biomédicas como el ECG y EMG, así como de sensores que necesitan un monitoreo continuo. La transmisión vía TCP/IP mostró estabilidad y bajo retardo. Las pruebas con señales del generador confirmaron la fidelidad del sistema. La interfaz de LabVIEW permitió una visualización clara de las señales, facilitando el análisis en tiempo real.

IV. DISCUSIÓN

El uso del ESP32 permitió una integración eficiente entre adquisición y transmisión. La elección de sensores de bajo costo como el AD8232 y MU-MUSC demostró ser adecuada para propósitos de prototipado y enseñanza. Sin embargo, el sistema presenta limitaciones en ambientes con interferencia WiFi o cuando se requiere mayor resolución en señales como la corriente en los amperios y el campo magnético en

V. CONCLUSIÓN

Dentro se logró desarrollar un sistema funcional de monitoreo de señales vitales y sensores de medición con transmisión inalámbrica. Este enfoque puede ser útil para educación, investigación biomédica y aplicaciones móviles de bajo costo. Este proyecto puede ser la base para futuras implementaciones en monitorización remota, incluso para pacientes activos o en entornos de entrenamiento físico.

REFERENCES

- [1] Webster, J. G. (2010). Medical Instrumentation: Application and Design. John Wiley & Sons
- [2] Carr, J. J., & Brown, J. M. (2011). Introduction to Biomedical Equipment Technology. Pearson
- [3] Sánchez Niño F. & De Anda Salazar F.J. (2015). A Hydrogen detectors wireless network for monitoring the gas ambient in a laboratory. Journal of Physics: Conference Series (582)
- [4] Analog Devices, “AD8232 Heart Rate Monitor Front End,” [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/products/ad8232.html>.
- [5] Olimex, “EMG Muscle Sensor MU-MUSC,” [Online]. Available: https://www.olimex.com/Letter_Symbols_for_Quantities, ANSI Standard Y10.5-1968.
- [6] Espressif Systems, “ESP32 Series Datasheet,” [Online]. Available: <https://www.espressif.com/>
- [7] National Instruments, “Getting Started with LabVIEW,” [Online]. Available: <https://www.ni.com/en-us/shop/labview.html>



Edna Guadalupe Briones Andrade (ednaguadalupe_ba@hotmail.com) is a Biomedical Engineer from the Facultad de Ciencias of the UASLP; she is currently a master's student in Applied Sciences at the Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO-UASLP). His study interests include biomedical instrumentation, radiofrequency

technology, instrumentation and process automation in industry or hospitals.



Francisco Sanchez Niño (franciscosanchezn@gmail.com) is an electronics engineer specializing in Instrumentation and Control at the Facultad de Ciencias of the UASLP, obtained his M. Sc. and PhD in Applied Sciences from the Instituto de Investigación en Comunicación Óptica

(IICO-UASLP) in 2009 and 2016 respectively. His research interests include electronics applied in health sciences, automation, renewable energy and instrumentation.



Oscar F. Núñez Olvera (oscar_f_n_o@hotmail.com) received the Ph.D. degree in electrical engineering from the UASLP, México, where he is currently a full-time research professor, assigned to the Faculty of Engineering with assignment to the Optical Communication Research Institute. Ph.D.

Thesis called “Optical Characterization of Cells Photovoltaics”, master's thesis called “Power Analyzer Based on LabVIEW”. Ph.D. Núñez is also the author of various articles, such as: Real-time optical monitoring of semiconductor epitaxial growth published in American Institute of Physics, “A rapid reflection-difference spectrum for real-time semiconductor growth monitoring with sub-second time resolution”, published in Review of Scientific Instruments, in this article describes an instrument that was developed and is being used as one of the optical analysis and characterization techniques for solar panels.

TRADUSENS: Sistema Inteligente Modular de Información para Personas con Discapacidad en Paraderos de Transporte Público

Autores: Mata Chávez. J. A, Hernández Martínez. A. B
Asesores: Escalante González. R. J, González Castillo. A. C.
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Resumen— Este proyecto presenta el diseño e implementación del sistema TRADUSENS, una solución tecnológica orientada a mejorar la accesibilidad al transporte público para personas con discapacidad visual, auditiva y adultos mayores. El sistema consta de dos módulos: un módulo móvil instalado en los camiones, que transmite coordenadas GPS en tiempo real mediante tecnología LoRa, y un panel fijo en las paradas de autobús, que recibe esta información y la muestra a los usuarios a través de una pantalla visual de alto contraste, un sistema de audio y una interfaz braille dinámica. El microcontrolador ESP32 se emplea como núcleo del sistema embebido, integrando sensores, módulos de comunicación y actuadores. La arquitectura permite la localización precisa de las unidades en tiempo real sin necesidad de conexión a internet, promoviendo la inclusión y autonomía de los usuarios. Este desarrollo demuestra la viabilidad de aplicar tecnologías de bajo costo y bajo consumo en soluciones urbanas inclusivas.

Palabras clave—Personas con discapacidad, modulo inteligente, transporte accesible, LoRa, sistema braille.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la movilidad urbana presenta desafíos importantes para las personas con discapacidad, adultos mayores y sectores vulnerables que dependen del transporte público. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), más de 6 millones de personas en el país viven con alguna discapacidad, de las cuales una parte significativa presenta limitaciones visuales o auditivas [1]. La Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (LGIPD) establece que deben realizarse todas las acciones necesarias para asegurar el acceso igualitario al transporte, la información, la comunicación y otros servicios [2]. Además, la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, publicada en 2022, establece la necesidad de un transporte seguro, accesible y de calidad como un derecho humano, obligando a los gobiernos a adaptar sus sistemas a las necesidades de toda la población [3].

No obstante, diversos estudios y reportes han señalado que las políticas públicas implementadas hasta ahora no han logrado una cobertura efectiva. Por ejemplo, muchos sistemas de transporte masivo en ciudades como Ciudad de México o

Monterrey han incorporado elementos de accesibilidad (rampas, señalización en Braille, botones de emergencia), pero se concentran dentro de las unidades, sin resolver el problema de la accesibilidad desde los paraderos [4,5]. Aunado a ello, el uso de aplicaciones móviles o GPS requiere dispositivos con conexión a internet y conocimientos tecnológicos que muchas personas con discapacidad o adultos mayores no poseen [6].

En respuesta a estas limitaciones, se presenta TRADUSENS, un sistema modular de bajo costo que facilita el acceso equitativo al transporte público mediante una infraestructura tecnológica que no depende de internet ni de dispositivos inteligentes. El sistema consta de dos partes: un módulo móvil instalado en los camiones que transmite información de geolocalización mediante tecnología LoRa (Long Range), y un panel instalado en las paradas de camión que muestra la llegada de las unidades en tiempo real a través de una pantalla, audio y un sistema automatizado en braille. Esta solución busca reducir las brechas tecnológicas y de infraestructura que impiden la inclusión efectiva en el transporte público, particularmente en ciudades como San Luis Potosí. El sistema está enfocado en cubrir las necesidades de movilidad de las personas con discapacidad visual, del habla y auditiva.

Este proyecto se alinea con el modelo de Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP), cuyo objetivo es ofrecer servicios de transporte accesibles, eficientes y seguros [7], pero lo hace desde un enfoque inclusivo e independiente de plataformas digitales comerciales. De esta forma, TRADUSENS representa un avance en la construcción de ciudades más accesibles, justas y sostenibles.

II. MARCO TEÓRICO

La accesibilidad en el transporte público es un componente clave para garantizar la inclusión social, particularmente de personas con discapacidad. Como ya se mencionó anteriormente, en México este derecho está respaldado por la LGIPD [1]. No obstante, aún persisten desafíos importantes, como la falta de infraestructura accesible y tecnología adaptativa en la mayoría de los sistemas de transporte colectivo

[4]. Este tipo de desafíos no sólo se enfrentan en este país, de acuerdo con una investigación realizada en Polonia por Beczkowska et al. [8], las personas con discapacidad auditiva y visual se enfrentan con muchas limitaciones para acceder al transporte público.

Los Sistemas Integrados de Transporte (SIT) son modelos que agrupan diferentes medios de transporte con estándares de calidad, eficiencia y cobertura [2]. Si bien estos sistemas han avanzado en ciudades como la Ciudad de México o Guadalajara, el acceso para personas con discapacidad visual o auditiva sigue siendo limitado, ya que muchos paraderos carecen de señalización accesible, audio información o apoyo táctil [5]. En este sentido, en México es muy poca la investigación que se realiza sobre estos sistemas. Entre los artículos que se han publicado destaca uno realizado por Martínez-Cruz et al. [9], en el cual desarrollaron un sistema interactivo para la localización del transporte público enfocado en personas con discapacidad visual.

Desde el punto de vista tecnológico, el presente proyecto incorpora dispositivos como GPS, que permiten ubicar geográficamente las unidades de transporte, y módulos LoRa, que posibilitan la comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo energético, ideales para áreas urbanas y rurales [6]. Además, se incluye un sistema de pantalla visual, audio parlante y un dispositivo braille dinámico que transforma información digital en datos táctiles, permitiendo a las personas con discapacidad visual acceder a la información del servicio.

La integración de estas tecnologías responde a la necesidad de contar con un sistema de transporte inclusivo, universal y equitativo. En la actualidad, algunos sistemas como el Metrobús de la Ciudad de México han comenzado a adoptar infraestructura accesible, pero aún están lejos de atender completamente las necesidades de personas con discapacidades múltiples [5]. En este sentido, el sistema TRADUSENS se alinea con principios de diseño universal y tecnología asistida, al proveer información accesible y en tiempo real sobre el transporte público.

III. DESARROLLO DEL SISTEMA

A. Descripción general del sistema

El sistema TRADUSENS consta de dos módulos principales: El módulo móvil (Fig. 1), que se encuentra instalado dentro de los camiones del transporte público. Este módulo integra tecnologías de rastreo GPS y comunicación inalámbrica LoRa, permitiendo el envío en tiempo real de la ubicación del camión hacia el panel en la parada correspondiente.

El panel fijo (Fig. 2), ubicado en las paradas de camión. Este panel incluye una pantalla de alta visibilidad, un sistema de audio para salida de voz, y un panel braille dinámico automatizado, que permite a personas con discapacidad táctil identificar el número de camión que se aproxima.

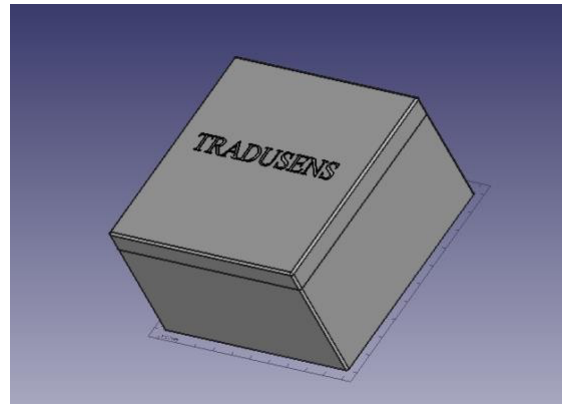


Fig. 1. Módulo móvil instalado en camión.



Fig. 2. Panel fijo instalado en paradero.

B. Funcionamiento del sistema

Use one space after periods and colons. El funcionamiento integrado del sistema se basa en el envío continuo de coordenadas GPS desde el módulo móvil al panel de la parada, mediante la tecnología LoRa. Gracias a esto, el panel puede:

- Mostrar en pantalla los camiones cercanos.
- Anunciar mediante bocina el número del camión detenido.
- Mostrar el número en formato braille dinámico para acceso táctil.

Cuando un camión se acerca y se detiene en la parada, el sistema ejecuta el siguiente proceso:

1. El módulo móvil detecta su ubicación y la transmite vía LoRa.
2. El panel fijo recibe los datos, identifica la cercanía y activa:
3. La visualización del número del camión en pantalla.
4. El anuncio por voz del número.
5. El despliegue táctil del número en el sistema braille.

Este proceso se muestra de forma esquemática en la Figura 3:

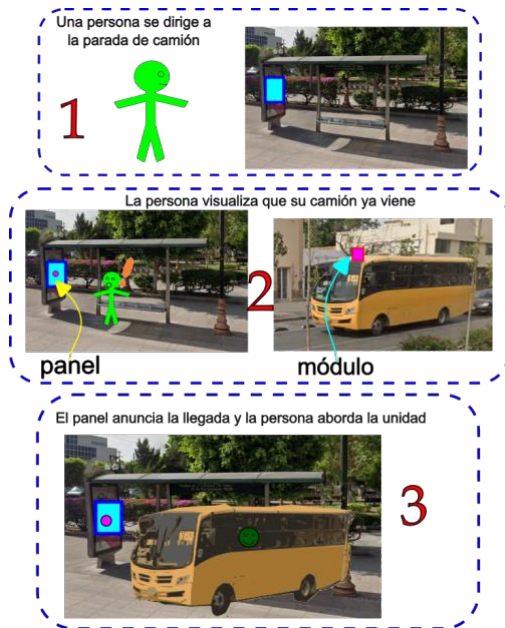


Fig. 3. Diagrama simplificado del funcionamiento general del sistema TRADUSENS

C. Arquitectura del sistema

1) Módulo móvil.

El módulo instalado en el camión está compuesto por los siguientes elementos:

- Microcontrolador ESP32 de 30 pines.
- Módulo GPS NEO-6M Ublox.
- Módulo LoRa Reyax RYLR998.

La comunicación entre componentes es serial (UART). El ESP32 obtiene las coordenadas del módulo GPS, las procesa y las transmite continuamente al panel mediante LoRa.

En la figura 4 se muestra un esquema de la arquitectura interna del módulo.

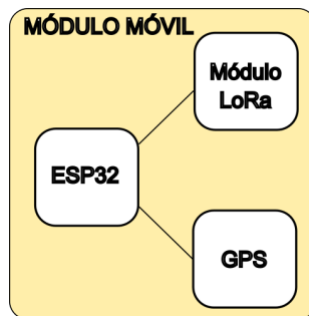


Fig. 4. Esquema de la arquitectura interna del módulo móvil.

2) Panel fijo

El panel incluye los siguientes componentes:

- Minicomputadora (como Raspberry Pi o equivalente).
- Pantalla conectada por HDMI que contiene el

sistema de audio claro y eficaz.

- Microcontrolador ESP32, conectado por USB.
- Sistema braille automatizado controlado por servomotores.

El ESP32 recibe el número del camión y activa los servos para formar el número en braille. La minicomputadora gestiona la visualización y salida de audio. El esquema de la arquitectura interna del panel se muestra en la figura 5.

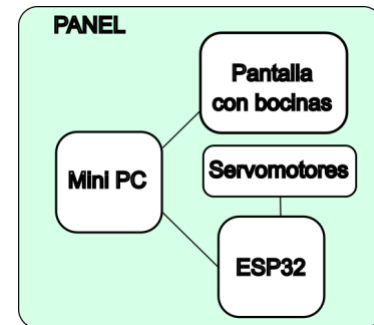


Fig. 5. Esquema de la arquitectura interna del panel.

IV. CONCLUSIÓN

TRADUSENS es una solución tecnológica innovadora y de bajo costo que mejora la accesibilidad del transporte público para personas con discapacidad y adultos mayores permitiendo autonomía. Utiliza GPS, un sistema inclusivo con pantalla, audio, braille dinámico y comunicación LoRa. Su diseño modular y eficiente permite implementarlo en diversas zonas urbanas y tiene potencial para adaptarse a otros espacios públicos, promoviendo ciudades más inclusivas e inteligentes.

Finalmente, se concluye que el sistema TRADUSENS tiene un alto potencial de escalabilidad y adaptación, no solo en el transporte público, sino también en espacios como hospitales, oficinas de gobierno y centros comunitarios, contribuyendo así a una ciudad más inclusiva e inteligente.

REFERENCIAS

- [1] Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad. (Mayo 2011) Diario Oficial de la Federación. [Online]. Disponible: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD.pdf>
- [2] Comisión Ambiental de la Megalópolis (16 de octubre de 2018), ¿Qué son los Sistemas Integrados de Transporte Público?, Gobierno de México. [Online]. Disponible: <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/que-son-los-sistemas-integrados-de-transporte>
- [3] Instituto Mexicano del Transporte (29 de mayo de 2024), Retos y oportunidades en la implementación de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, Gobierno de México. [Online]. Disponible: <https://www.gob.mx/imt/es/articulos/retos-y-oportunidades-en-la-implementacion-de-la-ley-general-de-movilidad-y-seguridad-vial>
- [4] Reporte Índigo (14 de febrero de 2023), Personas con discapacidad, olvidadas en programas y protocolos de transporte público en la CDMX. [Online]. Disponible: <https://www.reporteindigo.com/cdmx/Personas-con-discapacidad-olvidadas-en-programas-y-protocolos-de-transporte-publico-en-la-CDMX-20230214-0014.html>
- [5] Metrobús CDMX, Accesibilidad, Gobierno de la Ciudad de

México. [Online]. Disponible:

<https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de/accesibilidad>

- [6] World Health Organization (WHO) (14 de diciembre de 2011), World Report on Disability. Geneva: WHO Press, 2011.
- [7] INEGI (2020), Estadísticas a propósito del Día Internacional de las Personas con Discapacidad. [Online]. Disponible: <http://www.inegi.org.mx/temas/discapacidad>
- [8] Bęczkowska, S. A., & Zysk, Z. (2021). Safety of people with special needs in public transport. Sustainability, 13(19), 10733.
- [9] Martínez-Cruz, S., Morales-Hernández, L. A., Pérez-Soto, G. I., Benítez-Rangel, J. P., & Camarillo-Gómez, K. A. (2021). An outdoor navigation assistance system for visually impaired people in public transportation. IEEE Access, 9, 130767-130777.

Desarrollo y aplicación de robótica compleja en entornos competitivos

Kevin Rucoba Moreno, Jorge Barrera Quezada, Ana Sofía García Salgado, Axel Clemente Compean, Mateo Zacarias Dávalos, Jessica Santoyo Morales, Sara Isabel Aguilar Ávila, José Carlos Gocher García, Jose Guadalupe Santiago García
Tecmilenio campus SLP

Resumen— Este proyecto presenta el desarrollo de un robot de alto rendimiento diseñado para la FIRST Robotics Competition 2025, en el reto "Reefscape", centrado en la preservación de arrecifes oceánicos. El robot incorpora un avanzado sistema de tracción swerve drive, que permite movimientos omnidireccionales precisos en cualquier dirección. Su arquitectura de control se basa en la tarjeta roboRIO de National Instruments, programada en Java, e integra motores NEO Brushless con controladores SPARK MAX. Este desarrollo refleja

un proceso completo de diseño mecánico, manufactura, instrumentación electrónica e integración funcional. Además, promovemos la educación STEM participando en las categorías de FTC (FIRST Tech Challenge) y FLL (FIRST LEGO League), que son programas de robótica para estudiantes de secundaria y primaria respectivamente, donde los estudiantes diseñan y construyen un robot desde cero.

ISBN:978-607-535-521-4

© Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP.